

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-189353

(43)Date of publication of application : 04.07.2003

(51)Int.Cl.

H04Q 7/34

H04J 13/00

H04Q 7/20

H04Q 7/38

(21)Application number : 2002-295518

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 09.10.2002

(72)Inventor : HOCTOR RALPH THOMAS
HERSHEY JOHN ERIK
VAN STRALEN NICK ANDREW
TOMLINSON HAROLD WOODRUFF
JR

(30)Priority

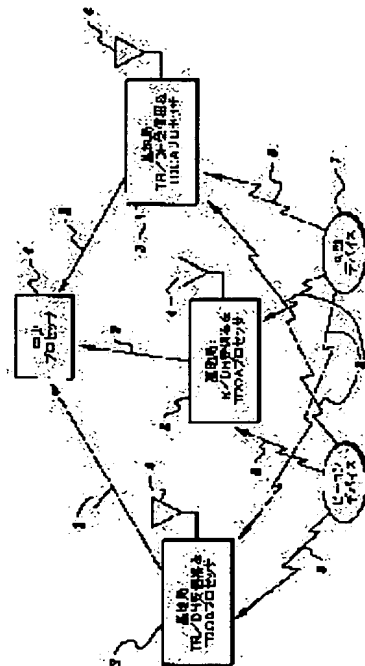
Priority number : 2001 973140 Priority date : 09.10.2001 Priority country : US

(54) SEARCH FOR TRANSMITTER LOCATION FOR ULTRA-WIDEBAND, TRANSMITTED-REFERENCE CDMA COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system capable of searching an object at a low cost with reliability independently of environmental conditions.

SOLUTION: The system includes at least three base stations (3) communicating with a central processor (1), at least one mobile device (7) and at least one fixed beacon transmitter (6) of known location. the mobile device is equipped with a transmitter for transmitting a TR-UWB (transmitted-reference ultra-wideband) signal to a base station, which then determines a location of the mobile device based on time difference of arrival information between the beacon transmitters and mobile devices measured at all the base stations. Preferably, the area of interest includes a plurality of mobile devices each transmitting a delay-hopped TR-UWB signal according to a code-division multiple access scheme. The mobile devices may be attached to a patient and/or a medical asset within the hospital for tracking purpose. Additionally, patient medical information may be transmitted with the TR-UWB signals to allow patient monitoring to occur simultaneously with asset/patient tracking.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.10.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-189353
(P2003-189353A)

(43) 公開日 平成15年7月4日 (2003.7.4)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 Q 7/34		H 0 4 B 7/28	1 0 6 D 5 K 0 2 2
H 0 4 J 13/00			1 0 9 N 5 K 0 6 7
H 0 4 Q 7/20		H 0 4 J 13/00	Z
7/38		H 0 4 Q 7/04	Z

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-295518(P2002-295518)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニ GENERAL ELECTRIC CO MPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ クタディ、リバーロード、1番
(22) 出願日	平成14年10月9日 (2002.10.9)	(72) 発明者	ラルフ・トマス・ホクター アメリカ合衆国、ニューヨーク州、サラト ガ・スプリングス、ホライズン・ドライ ブ、4番
(31) 優先権主張番号	09/973140	(74) 代理人	100093908 弁理士 松本 研一 (外2名)
(32) 優先日	平成13年10月9日 (2001.10.9)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

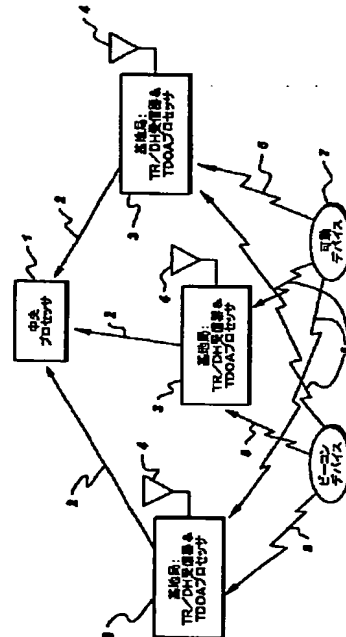
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超広帯域伝送基準CDMA通信システムの送信器の位置探索

(57) 【要約】

【課題】 環境条件に関わらず信頼性があり安価に対象を探索できるシステムを提供する。

【解決手段】 システムは、中央プロセッサ (1) と通信する少なくとも3つの基地局 (3) と、少なくとも一つの可動デバイス (7) と、既知の位置にある少なくとも一つの固定ビーコン送信器 (6) を備える。可動デバイスは、TR-UWB信号を基地局に送信する送信器を備え、基地局は全基地局で測定した、ビーコン送信器と可動デバイス間の到達時間差情報に基づいて、可動デバイスの位置を決定する。注目領域には、符号分割多元接続法に基づいて遅延ホップTR-UWB信号を送信する複数の可動デバイスが含まれることが好ましい。可動デバイスは、追跡のために、患者や病院内の医療資産に取り付けられる。また、患者の医療情報をTR-UWB信号と共に送信することによって、患者の監視と資産/患者の追跡を同時に行うことが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 注目領域内の対象の位置を決定する方法であって、

前記対象から少なくとも 3 つの受信器に RF 信号を送信する工程と、

少なくとも一つのビーコン送信器から前記少なくとも 3 つの受信器に信号を送信する工程であって、前記少なくとも一つのビーコン送信器は既知の位置にある、当該工程と、

前記少なくとも 3 つの受信器の各々で、前記少なくとも一つのビーコン送信器からの信号と、前記対象から送信された RF 信号に基づいて到着時間差情報を計算する工程と、

前記到着時間差情報に基づいて前記注目領域内の対象の位置を決定する工程を備える方法。

【請求項 2】 前記 RF 信号は UWB 信号を備える、請求項 1 の方法。

【請求項 3】 前記 UWB 信号は TR-UWB 信号を備える、請求項 2 の方法。

【請求項 4】 前記対象の位置を決定する工程は、最大尤度アルゴリズムを利用する工程を備える、請求項 1 の方法。

【請求項 5】 複数のビーコン送信器から前記少なくとも 3 つの受信器に信号を送信する工程であって、前記複数のビーコン送信器の各々は既知の位置にあり、前記ビーコン送信器の各々は独立のローカルクロックを有する、当該工程と、

前記少なくとも 3 つの受信器の各々で、前記複数のビーコン送信器からのそれぞれの信号と前記対象から送信された前記 RF 信号に基づいて複数の到着時間差データを計算する工程と、

前記少なくとも 3 つの受信器からの前記到着時間差データに基づいて前記注目領域内の対象の位置を決定する工程をさらに備える、請求項 1 の方法。

【請求項 6】 前記対象の位置を決定する工程は、最大尤度アルゴリズムを利用する工程を備える、請求項 5 の方法。

【請求項 7】 前記 UWB 信号は TR/DH UWB 信号を備え、前記 TR/DH UWB 信号を送信する工程は、時間インターバル D で分離されるパルスペアを生成する工程と、前記パルスペアの相対的な極性によって符号化する工程を備え、到着時間差情報を計算する前記工程は、前記時間インターバル D によって、受信した信号を遅延させる工程を備える、請求項 2 の方法。

【請求項 8】 前記送信する工程は、伝送スペクトルを形成するために、可変のパルス反復レートで前記パルスペアを生成する工程をさらに備える、請求項 7 の方法。

【請求項 9】 TR/DH UWB 信号は複数の対象から送信され、各 TR/DH UWB 信号は、前記パルスペア間に異なる時間インターバル D を有する、請求項 7

の方法。

【請求項 10】 前記 UWB 信号を送信する工程は、患者が携帯する送信器によって実行され、前記注目の領域は医療施設である、請求項 2 の方法。

【請求項 11】 前記 UWB 信号を送信する工程は、前記 UWB 信号と共に前記患者の医療情報を送信する工程をさらに備える、請求項 9 の方法。

【請求項 12】 前記 UWB 信号を送信する工程は、医療機器に取り付けられた送信器によって実行され、前記注目の領域は医療施設である、請求項 2 の方法。

【請求項 13】 注目領域内の対象の位置を決定するシステムであって、

前記対象が携帯する可動デバイス (7) であって、RF 信号を送信する送信器を備える、当該可動デバイスと、既知の位置にあつて、ビーコン信号を送信する少なくとも一つの送信器 (6) と、

前記注目領域内の少なくとも 3 つの基地局 (3) であつて、前記少なくとも 3 つの基地局の各々は、前記可動デバイスから送信された RF 信号を検出する検出器を備え、前記ビーコン信号と前記 RF 信号に基づいて到着時間差情報を得るプロセッサをさらに備える、当該基地局と、前記 3 つの基地局の各々で計算された到着時間差情報に基づいて前記注目領域内の対象の位置を決定するコントローラ (1) を備えるシステム。

【請求項 14】 前記 RF 信号は UWB 信号を備える、請求項 13 のシステム。

【請求項 15】 前記 UWB 信号は TR-UWB 信号を備える、請求項 14 のシステム。

【請求項 16】 前記 UWB 信号は TR/DH UWB 信号を備え、前記検出器はパルスペア相関器を備える、請求項 13 のシステム。

【請求項 17】 前記送信器は、可変のパルス反復時間を含む前記 TR/DH UWB 信号を送信する、請求項 16 のシステム。

【請求項 18】 複数の可動デバイス (7) は、RF 信号を前記少なくとも 3 つの基地局に送信し、前記 3 つの基地局 (3) の各々は、前記 RF 信号を検出して前記ビーコン信号と前記 RF 信号に基づいて到着時間差情報を得る複数の検出器を備え、前記コントローラは、前記到着時間差情報に基づいて前記対象の位置を決定する、請求項 13 のシステム。

【請求項 19】 前記対象は患者であつて、前記注目の領域は医療施設である、請求項 13 のシステム。

【請求項 20】 前記可動デバイスの送信器は、前記 RF 信号と共に前記患者の医療情報を送信する、請求項 13 のシステム。

【請求項 21】 前記対象は医療機器であつて、前記注目領域は医療施設である、請求項 13 のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】本発明は、超広帯域（UWB）無線通信システムの利用に関する。特に、本発明は、資産追跡システムで用いられる伝送基準遅延ホップ（TR/DH）UWB無線通信システムに関する。

【0002】注目領域内の対象を追跡するために、狭帯域無線システムもしくは従来のスペクトル拡散通信システムが提案されている。これらのシステムの中には、双方向でポーリングによって動作するものもある。また、資産タグ（追跡すべきアイテムに取り付けられた小型送信器）の動きに基づくか、もしくは、環境条件とは無関係の所定のスケジュールに従って単方向送信するものもある。その他にも、到着時間差（TDOA）情報に基づいて、もしくは自然の電界強度を測定することによって、対象を追跡するシステムもある。その追跡機能の他に、例えば、装置の電源が入っているかどうかを示す個別のステータス情報を提供するためにそのシステムが用いられてきた。

【0003】狭帯域システムやスペクトル拡散システムが有用であることは証明されたが、欠点がないわけではない。例えば、それらのシステムの性能は、現地の強力なRFエミッタからの干渉によって悪い影響を受ける。また、その逆も真実である。即ち、それらのシステムの伝送エネルギーは限定されたスペクトルに比較的集中しているので、狭帯域システムや従来のスペクトル拡散システムによって、動作領域内もしくはその外部に配置された高感度の通信機器が干渉を受ける。

【0004】また、狭帯域システムもしくはスペクトル拡散システムは、都市部、即ち、電磁妨害が非常に集中している地域では性能が悪いことも実証されている。例えば、それらの伝送は建築部材（例えば、壁や鉄骨構造やエレベータシャフト等）を通過することができないことがあるため、それらの利用が不可能となることが多い。また、狭帯域システムは、室内のRF伝送に関わる、重大な周波数選択性のフェーディングと闘うために高いパワーマージンを必要とすることが多い。

【0005】到達時間差（TDOA）は、複数の受信器で観測された伝送起点の推定に用いられる一方法である。本方法では、各受信器がグローバルクロック、即ちタイムベースをアクセスすることができるので、各受信器で計算した現地の到着時間（TOA）の推定値を比較することができる。周知の場所にある二つの受信器で観測されたTOAの差は、二つの受信器と送信器を含む平面上の双曲線を定義するものである。本願で記述されるアプリケーションの位置は室内であるため、送信器の床からの高さで得られる値の範囲は限られる。このことは事実であって、あたかも全受信器と全資産タグが同一平面上にあるかのように、それらを扱うことによってその問題の推定値を得ることができる。

【0006】様々な受信器からのTOAの推定値には誤

差が含まれるため、全受信器の測定値のうちの1対の差によって定義される曲線は必ずしも交差するとは限らない。様々な処理を定義することによって、そのデータから位置を推定することが可能になる。このうちもっとも簡単な処理は、TDOAの測定値によって定義された全ての双曲線までの法線距離の和が最小となる平面上の点を選ぶことである。一般的には、この計算は、二次的な有線ネットワークでRF受信器と通信する中央コンピュータで行われる。

【0007】また、二次的な有線ネットワークを用いることによって、システム内の全受信器にグローバルタイムベースを分配することができるが、これには有線ネットワーク上の帯域幅の他に受信器側でさらに別のハードウェアが必要となる。二次的な有線ネットワークの欠点は、さらに別の帯域幅が必要なることである。何故ならば、これが、実質的にシステムコストにはねかえるからである。

【0008】例えば、米国特許番号5,119,104号には、従来のスペクトル拡散システムについて明確に記述されており、このシステムは、追跡環境で複数の受信器にクロックを分配することによって動作し、また、そのクロックを用いて複数の受信器の各々に到着時間（TOA）のカウント値をゲート制御する。TOAのカウント値を用いることによって、送信タグと受信器間のRF伝搬距離を推定することができる。測距精度を維持するためには、受信器間のクロックスキューはわずかなものである必要がある。何故ならば、1nsのクロックスキューは、システムではほぼ1フィートの測距エラーを引き起こすからである。システムクロックがケーブルを介して分配される場合に、クロックスキューが起こりやすい。従って、システムのインストール時には、ケーブル長の測定を注意深く行うか、もしくは、注意深く管理しなければならず、また、システムで校正を行って、ケーブル敷設によって引き起こされる様々なクロックスキューを補正しなければならない。このため、システムコストが増加し、システムの設定とメンテナンスと修理が複雑になる。

【0009】前述のことを鑑みて、従来の狭帯域/スペクトル拡散システムの欠点を克服したRF資産追跡システム、具体的には、環境条件に関わらず信頼性があり、経済的であり、一つのクロックをシステム内の全受信器に供給する等の費用のかかる要件なしに動作するシステムが求められていることは明らかである。

【0010】

【特許文献1】米国特許番号5,119,104号

【0011】

【発明の概要】RF資産追跡システムと方法は注目領域内の対象を見つける工程を含み、従来の狭帯域/スペクトル拡散システムよりも安価であって、RF干渉の問題が少ない。本通信方法は、狭帯域の方法よりも広い周波

数スペクトルを用いて動作し、超広帯域信号送信システムとして分類されることが好ましい。さらに、本方法は多機能であって、注目領域の対象の位置を追跡し、その対象の状態もしくは状況を示すデータを監視する。そのシステムと方法を都合よく利用することによって、例えば、医療施設の医療資産を追跡し、その施設の複数の患者の身体的状態を同時に監視することができる。また、本方法は、共通クロックを全受信器に分配する必要はないので、結果的に安価なハードウェアを配置することになる。

【0012】一実施形態のシステムと方法には、伝送基準超広帯域（TR-UWB）信号を用いて注目領域内の対象の位置を追跡することが含まれる。本システムは、中央処理施設と、注目領域内に少なくとも3つの基地局と、既知の位置の少なくとも一つのビーコン送信器と、注目領域に少なくとも一つの可動デバイスを備える。中央処理施設は、低帯域幅通信チャネルを介して基地局と通信する。基地局は、可動デバイスとビーコン送信器からのTR-UWB送信を受信するTR-UWB受信器とアンテナを備える。可動デバイスとビーコン送信器は、基地局にTR-UWB信号を送信する送信器を備え、基地局は、可動デバイスとビーコン送信器から送信された信号の到着時間（TOA）差の推定値を決定する。基地局は可動デバイスとビーコンに関するTOA差の推定値を低帯域幅通信チャネルを介して中央プロセッサに送信する。中央プロセッサはその情報を用いることによって、可動デバイスの位置を決定することができる。

【0013】注目領域には、符号分割多元接続法に基づいて各々が遅延ホップTR-UWB信号を送信する複数の可動デバイスが含まれることが好ましい。各装置は、多数の伝送基準遅延シーケンスのうちの一つを採用して信号を送信することによって、受信器に到着した複数の受信情報を基地局が同時にか、ほぼ同時に復調することが可能になる。この伝送は、バーストヘッダとエラー制御ビットと可動デバイスをユニークに識別する情報、例えば、シリアル番号を備えるRFバースト伝送である。可動デバイスは、追跡のために、患者や病院内の医療資産に取り付けられる。オプションとしての一実施形態によれば、生理学的測定を含む患者の医療情報をTR/DH-UWB信号と共に送信することによって、患者の監視と資産と患者の追跡を同時に行うことが可能となる。

【0014】従来のシステムとは異なり、正確なタイムベース信号を追跡領域内にある複数の受信器に送信する必要はない。その代わりに、複数のビーコン送信器は追跡領域の既知の位置に存在し、可動デバイスの位置は可動デバイスからの送信とビーコンからの送信の到着時間差から推定される。これらの差はシステム中の各基地局で計算され、その後、有線ネットワークを介して中央プロセッサに送信される。

【0015】

【発明の実施の形態】図1を参照して、本発明の通信システムの一実施形態は、低帯域幅通信チャネル2を介して少なくとも3つの基地局3と通信する中央プロセッサ1を備える。基地局は、一つ以上のビーコンデバイス6と一つ以上の可動デバイス7からのTR-UWB伝送信号を受けとるアンテナ4を備え、それらは全て注目の領域内に配置される。注目の領域は完全に病院などの医療施設内にあるか、もしくはそれを包含するため、基地局は医療資産や患者の位置を追跡することが可能となり、必要に応じて、これらの患者から生理学的データを受け取ることが可能となる。本発明は、病院の環境に適しているが、当業者であれば、注目の領域はそれ以外の領域であってもよいことを理解している。それ以外の領域とは、対象物を追跡したり監視することができる領域であって、これには、子供を追跡するための保育所と、在庫品を追跡するための倉庫と、製造プロセスでの開発を追跡するための可動プラットフォームと、2, 3の例をあげると、道具や作業や材料を追跡するための建設現場も含まれる。

【0016】本システムの可動無線デバイスは、バースト信号5を基地局に送信する送信器を備える。基地局の受信器は可動無線デバイスとビーコン送信器からの信号を受信し、到着時間差を中央プロセッサに送る。中央プロセッサは、そのデータを用いることによって可動デバイスの位置を決定することができる。バースト伝送信号は、RFバースト内に符号化されたユニークな識別情報によって基地局で特定される。この識別情報は、例えば、シリアル番号やその他のID番号であってもよい。RFバーストには、少なくとも識別情報が含まれ、確実に受信するためにはヘッダとエラー制御フィールドが必要である。ノイズの多い通信チャネルを介して伝送されるデータを構成するこれらの方法は、通信分野では周知のものである。例えば、HersheyとYarlagadda著の「データ伝送と保護（Data Transportation and Protection）、プレナムプレス（Plenum Press）1986年）を参照されたい。

【0017】相当な数の資産タグとビーコンを同時にアクティブにすることを可能とするために、本発明のシステムの好適な実施形態は、ビットエラーレートが 10^{-3} 未満であって、1から5キロビット/秒毎におよそ50から100台の送信器を同時にサポートできる符号分割多元接続（CDMA）技術を採用する。都合の良いことに、伝送基準遅延ホップ超広帯域（TR/DH-UWB）通信技術は前述の性能を提供することができる。TR/DH-UWB技術については、米国同時係属特許出願09/753, 443で詳述されている。本システムについて以下で説明する。

【0018】信号伝送/検出系

最も基本的な形態では、伝送基準通信システムは二つの

バージョンの広帯域キャリアを伝送する。即ち、データで変調されたものと、それ以外の変調されていないものである。例えば、Simon他著の「スペクトル拡散通信 (Spread Spectrum Communications)、第1巻、コンピュータサイエンスプレス (Computer Science Press)、1985年」を参照されたい。これらの二つの信号は、受信器によって回復され、相互相関がとられて変調データが検出される。一般に利用される広帯域キャリアは、連続する広帯域擬似雑音源であって、変調されたものと変調されないものは、一般的に、時間間周波数のいずれかで分離される。

【0019】本発明の好適な実施形態の伝送キャリアは、RFパルスか、連続する広帯域雑音か、連続する広帯域擬似雑音のいずれかであってよい。本願で用いられているように、「伝送基準」という用語は、これらの広帯域波形のうちのいずれか1つを伝送基準信号のキャリアとして送受信することを意味する。波形の変調バージョンと基準バージョンは、周波数ではなく、時間で分離されることが好ましい。受信器は、有限のインターバルで、受信信号とそれが遅延したものととの相関をとることによって信号を復調することができる。

【0020】図2は、本発明の好適な実施形態に基づくTR/DH-UWB信号の信号伝送スキームを示す。図示されているように、基地局の受信器と可動デバイスの送信器の両方に、既知の時間インターバルDで分離された(ダブレットと呼ばれる)同じパルスペアを伝送することによって、TR/DH-UWB系が実現される。伝送されたデータは、二つのパルスの振幅の相対的な極性で符号化される。図2では、いずれのパルスも同じ極性を有するように示されている。関連するダブレットが全て、パルス間で同じ時間インターバルDを有する限り、一つ以上のダブレットが各情報ビットに関連付けられる。もし、個々のパルスの最大出力がノイズの底値に近いかもしれないとすれば、これは好都合である。この場合、複数のダブレットを積分することによって信号対雑音比を改善することができる。伝送された全ダブレットが同一ビットに属する時間は、ビット時間として知られており、以下で議論される遅延ホッピング系では、チップ時間として知られている。

【0021】一定の速度でダブレットを伝送する必要はない。パルス反復時間(PRT)と呼ばれるダブレット間のインターバルを変化させることによって、伝送スペクトルを構成することができる。パルス反復時間(PRT)を図2に示す。一定のPRTによって、スペクトル内に好ましくない線成分が発生するため、PRTを(これに制限されることはないが)ランダム化することが好ましい。また、ダブレット内の個々のパルスは、それらのエネルギーをレーダー分野で周知の特定の周波数帯域に集中させるように形成される。必要に応じて、上述し

た方法を用いることによって、様々なスペクトルの制限に適応させることができる。

【0022】受信器では、RFパルス毎にDで示されるラグで相関を計算することによって、受信され符号化された伝送基準信号情報がダブレットから回復される。このオペレーションは、パルスペア相関回路と呼ばれる電子回路によって実行される。その電子回路のブロック図を図3に示す。この回路には、遅延部21と信号乗算器22と有限時間積分器23が含まれている。信号は二つの経路に分割され、そのうちの一つは遅延部21によって遅延される。二つのバージョンの受信信号は乗算器22で乗算され、その積は積分器23によって特定時間Tにわたって積分される。積分時間は、伝送ビット、もしくはチップを構成するダブレット数によって決定される。その遅延は、例えば、遅延回路経路の先頭パルスが非遅延回路経路の終端パルスに同期するような遅延である。非ゼロ平均値の積はシンボルインターバルTにわたって積分され、出力信号が生成される。模範的な一実施形態では、遅延部21は、ペンシルベニア州ポッツタウンにあるMicro-Coax社製の回路であって、信号乗算器22には四象限ギルバートセルがふさわしい。

【0023】実際には、有限時間積分器の出力は、比較的少数のサンプリングの瞬間にだけ要求されることに注目されたい。従って、連続的に積分する有限インパルス応答(FIR)積分器を、A/D変換器によってラウンドロビン法でサンプリングされ、サンプリングを開始させる同一のクロックでダンプされる本技術分野では周知の単純な積分ダンプ回路に置換することができる。

【0024】パルスペア相関回路は一つ以上の遅延要素を備えていてもよい。尚、その複数の遅延要素は、送信器の公称遅延時間の周りに分布する公称値を有するものである。実際に復調に用いられる遅延要素は、公称遅延値での伝送におけるエネルギー出力が最大エネルギーを有する既存の遅延要素から選択されることが好ましい。温度や電圧や、要素のエージングによる変化によって送信器や受信器の遅延値がドリフトすることを考慮して、この選択を変更してもよいことは言うまでもない。この選択は様々な送信器毎に異なる。

【0025】本発明の好適な一実施形態の可動無線デバイスは、遅延ホッピング(DH)として周知の多元接続スキームに基づいてTR-UWB信号を伝送する。この伝送スキームは、ただちに譲受人に譲渡された米国特許同時係属出願09/753,443に記載されている。

【0026】「遅延ホッピング」という用語は遅延変調に関する多元接続技術に関し、同様に「周波数ホッピング」は周波数変調に関する。特に、遅延ホッピングは、送信器や受信器にとって周知の固定パターンに基づいて、TR-UWB伝送で用いられる遅延量を変化させる方法に関する。このパターンは符号語から構成され、多

元接続機能は、符号分割多元接続（CDMA）技術から得られる。Andrew J. Viterbi 著の「スペクトル拡散通信のCDMAの原理（CDMA Principles of Spread Spectrum Communication）、アディソンウェズレー出版（Addison-Wesley Publishing Co.）、1995年」を参照されたい。伝送スキームの別の方法には、TR伝送を行うために二つ以上のパルスを利用することが含まれ、また、伝送スペクトルを形成するためにパルス反復時間を変化させ、設計された周波数領域の特性を有するパルスを伝送することが含まれる。

【0027】信号レベルのTR/DH符号語は、 N 個のチップから構成され、これらは順次送信される。各チップは、 N_p 個のダブレット（もしくはその他の n 個のダブル）からなり、その全てが同一のパルスペア相関回路によって受信することができる。異なるチップインターバルで伝送されるダブレットは、一般的に、異なる遅延によって特徴づけられる。既定のチップインターバル内のPRTは、公称もしくは平均のパルス反復時間の回りでランダムに変化する。TR/DH符号語の構成を図4に示す。

【0028】各チップは、符号語極性ビット B_i 、 $i = 1, 2, \dots, N_c$ に対して、パルス間遅延要素 D_i 毎に独立した N_p 個のパルスペアを形成する。尚、 N_c は符号語のチップ数である。尚、チップの値は、それに関連する遅延値の点でも、伝送されたチップ極性（ ± 1 ）の点でも全く異なっている。何故ならば、パルスペアの個々のパルスは、同一位相かもしくは異なる位相で伝送され、パルスペア相関器から正か否のいずれか一方の出力がなされるからである。 N_p 個のチップの符号語を用いて一データビットを送信する場合は、チップ毎に符号語全体をネグートすることによって一ビットの極性を表すが、元の符号語を用いることによってその他のビット極性を表すことができる。全く異なる符号語を用いて異なるデータ値を表すことも勿論可能である。送信されるデータビットがゼロである場合は、符号語の各チップの全ダブレットは、符号語極性ビットと反対の極性で伝送される。

【0029】DH符号語は、遅延ホップ符号分割多元接続（CDMA）スキームの重要な一部である。所望の相関特性をもつ語をコンピュータ検索することによって、システム設計時にDH符号語を構成することができる。システム動作時には、これらの語は受信器に知られることとなるので、それらを用いて伝送ビットを検出することができる。一例として、1000個の符号語のセットが生成された場合、その各々は200個のチップから構成され、一連の16個の遅延要素から取り出された遅延要素を備える。これらの全符号語は、自己相関のピーク値の絶対値の7%未満の自己相関サイドローブを有す

る。これらの語ペア間のラグでの相互相関の最大絶対値は、自己相関のピーク値の10%未満である。より多くのチップから成る符号が長い程、相関特性も向上する。

【0030】本発明のシステムの好適な実施形態では、可動デバイスから伝送されたTR/DH-UWB信号に基づいて、注目領域内の複数の可動無線デバイスを追跡する。基地局の受信器は、個々の相関器回路を適用させることによってこれらの信号を同時に受信して復調するように構成される。尚、各相関器回路は、個々の遅延ホッピングCDMA符号に関連する。

【0031】図5は、TR-DH信号を検出する基地局の受信器の一構成例を示す。この受信器は、アンテナ131に接続されるパルスペア相関器バンク132を備える。パルスペア相関器バンクの各相関は、異なる遅延量に対してチューニングされる。パルスペア相関器バンクの後には、CDMA符号語相関処理が続く。符号語相関処理は、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）134やプログラム可能論理回路（PLD）や特定用途向け集積回路（ASIC）上で実行するソフトウェアとして実現される。全相関器の出力は、アナログ・デジタル変換器（ADC）133₁から133_Nによってサンプリングされ、デジタルデータがDSP134に転送される。これらのADCの一般的なサンプリングレートは、2Mppsから12Mppsの範囲内である。このレートはチップ時間によって決定される。一般的に、チップ毎に2つ以上のサンプルがあることが望ましい。

【0032】図6に示すように、チップ信号は、パルスペア相関器バンクからの出力があるときに最大となることが特徴である。これらの信号の期間は、パルスペア相関器の積分時間の約2倍に等しい。この一連の波形は、一般的に、1チップ期間毎に2から5個のサンプルを生成する割合でサンプリングされ、その後、DSP134で実現される遅延ホップ符号語検出器に送られる。DH符号語検出器アルゴリズムは、パルスペア相関器バンクの複数の出力からサンプルを取り出し、DH符号語の期待値によって指示された方法でそれらを合算する。

【0033】このオペレーションの目的の一つは、全チップ信号の総和を計算して登録することである。符号語の期待値が伝送された符号語と一致する場合は、このオペレーションは、DH符号語の波形全体に一致するゲート制御波形を観測されたデータに適用する効果がある。ゲート制御波形がチップ信号波形と一致する場合は、整合フィルタが利用されるが、これには受信器のサンプリングクロックと送信器のチップクロックの相対的タイミングに関する知識が必要である。この知識は、以下で説明されるように、受信データから得ることができる。

【0034】特に、 N_c をチップ毎のサンプル数（整数）とすると、符号語検出を行う必要のある総サンプル時間数は $N_c \times N_p$ である。 N_d が、符号で使われる異なるパルス内ペア遅延要素数（即ち、受信器内のパルスベ

ア相関器の数)とすると、相関をとるために保持されるべき総サンプル数は $N_s \times N_c \times N_d$ である。これらのサンプルのうち、符号語の構造から特定される遅延要素に一致する遅延要素だけを追加すべきである。各チップインターバルでのサンプル数は整数であると指定されているので、各パルスペア相関出力波形のサンプル数は整数である。さらに、各パルスペア相関出力の波形の各々のサンプルは、全波形について複数のチップの開始時間と同じ関係をもつので、伝送された符号語についての知識を考え合わせると、それらをコヒーレントに加算することができる。

【0035】相関器バンクの略図と本願でチップ波形と呼ばれる出力波形を図6に示す。アンテナ4は、図5のパルスペア相関器バンク132を備える相関器32₁から32_{NC}に入力データを提供す。符号相関の概念をより明確にする一例を以下に示す。

【0036】図7の受信器のチップ波形について検討されたい。例えば、 $N_d = 3$ として遅延番号を特定し、 $N_c = 5$ として符号語長を特定し、図示された一連のパルスペア相関出力波形を完全な符号語の表記として考えられたい。この符号語は、一連の遅延インデックスと符号語極性ビット(2, 1; 3, -1; 1, 1; 3, 1; 2, -1)によって示される。符号語の第一チップは遅延番号2のものと規定され、伝送ビット値+1を伝送することができる。第二チップは遅延値番号3とビット値-1をもつ。各遅延チャンネル(各パルスペア相関出力)の各チップインターバル内には $N_s = 2$ のサンプルがあるとする。これらのサンプルは、 $T_c/2$ で分離される。ここで、 T_c はチップインターバル期間である。

【0037】従って、各波形毎に4つのサンプルがあり、各波形はその開始時間に対して同時にサンプリングされる。4つのサンプルは対応する4つのレジスタに蓄積される。一度に3つのサンプルが収集されるが、全サンプルは同時に収集される。各波形からの4つのサンプルがDSP134に転送され、チップ値の期待値と乗算され、その積は合算され、高い信号対雑音比(SNR)の、サンプリングされた相関出力波形を生成する。一連のチップ値の期待値にはゼロが含まれ、これは、遅延チャンネルとチップ時間の組み合わせに適用されるが、符号語には含まれない。

【0038】この結果が図7に示された時刻で計算されたものと仮定すると、DSP134は、完全に正確に受信されたDH符号語と相関があると見なされる。DSPから利用可能な最も古い(左端の)3つの入力データサンプルの組は、チャンネル2では正值をもち、チャンネル1と3ではゼロである。本アルゴリズムでは、第1チップは正であるため、チャンネル2の値に1を乗じ、ゼロに初期化された4本のレジスタのうちの第1レジスタにその積を加える。第2の組の3つのサンプルはチャンネル2ではより大きな値をもつが、チャンネル1と3ではゼロとな

る。本アルゴリズムでは、レジスタ2に新しい値を加える。第3の組のサンプルには、チャンネル2と3の両方に非ゼロデータが含まれる。チャンネル3のデータは負値であるが、所望の符号語の第2チップも負であるため、ゲート制御波形との乗算によって、負値がネゲートされ、正の数がレジスタ1に加えられる。チャンネル2の正值には1が乗じられてレジスタ3に加えられる。符号語内の全サンプルが蓄積されるまで、上述の方法で本プロセスが続けられる。一般的に、各サンプル時間毎に二つの非ゼロサンプルが二つの個別のレジスタに加えられる。符号語の期待値が受信され、伝送ビット値が+1である場合の本工程の結果を図7に示す。図示された値は、4つのレジスタの最終値である。

【0039】一旦DSP134で符号語相関出力サンプル(図7では、黒いひし形で表される)が構成されると、受信器は、最終サンプルインターバル内に符号語が受信されたかどうかを判定する必要がある。この判定は、構成され受信されたサンプルのエネルギーを閾値と比較することによって行われる。この判定結果が肯定であれば、そのサンプルからその他のデータを得る必要がある。TR/DHのデータ伝送アプリケーションでは、符号語は伝送情報を表す ± 1 によって変調される。

【0040】この値を推定する方法は、符号語ジェネレータが出力する時にパルスペア相関出力波形モデルをサンプルにフィッティングさせることである。このフィッティングは、最小2乗誤差に基づいて行われ、その結果、観測したガウシアンノイズに対して最適にフィッティングする。観測ノイズがガウシアンであることは実証可能である。サンプル値に重畳する本アルゴリズムの結果を図7に示す。フィッティングされたモデルは、振幅、即ち高さ h とピークの位置 τ の二つのパラメータによって制御される。この情報は、ピーク値が現在のサンプルインターバル内に入るように最もよくフィッティングさせるための2乗誤差総和によって補なわれる。ピーク値の絶対値と2乗誤差総和を組み合わせて閾値と比較することによって、符号語を検出することができる。符号語のタイミング位相の推定値として、 τ 値を用いることができる。 h の推定値の符号を用いることによって、伝送されたビット値を検出することができる。

【0041】受信器が以前の同期化情報を使わずにTR-DH符号語を検索する場合は、上述のアルゴリズムを新しいサンプルセット毎に、即ち、各サンプルインターバルの最後に実行する。受信器が一連のTR/DHシンボルを受信しているとき、次のビットの期待時間に近いサンプルだけを処理する必要がある。データ伝送アプリケーションの別のビット検出方法は、符号語相関出力に適用される整合フィルタである。これには、標準的な方法、例えば、j. G. Proakis 著の「デジタル通信(Digital Communications)、第3版、マグローヒル、1995年」に記載され

ているように、周知のアーリー／レイト・ゲートスキームによって得られる(値の推定が必要である。本発明にこのスキームを適用することには、図7でラベル付けされたレジスタ内のデータから二つの波形値を補間することが含まれる。これらの値は、(のピーク値の周りに対称に一定間隔が置かれたアーリー／レイト・ゲートである。

【0042】CDMA符号相関器を用いることによって、簡単な構成の相関器の全出力を適宜収集して、それらを適切な極性とともに入算することができる。図8は、図6に示された簡単な構成の相関器の出力に対してその処理を行うハードウェアCDMA符号相関器を示す。チップ時間遅延と符号(加算と減算)によって、単純な構成の相関器のピーク値を同じ符号と時間的に位置合わせすることができることに注目されたい。A/D変換器のサンプル期間はチップ期間の一部となるように規定されているので、図8の遅延要素は、格納データを1つのデバイスから次のデバイスに送る複数のデジタル記憶デバイスとして実現可能である。従って、図8は、プログラマブル論理回路やASICで実現される同期型デジタル回路を示す。

【0043】上述したオペレーションによって、UWBビット時に、符号付きの大きな出力が得られる。その大きな出力の符号は、UWBビット伝送の2進値として解釈される。一連のCDMA符号相関器は、CDMA相関器バンク(CCB)と呼ばれる。

【0044】到着時間の推定
受信ビットのタイミング位相がどのようにして推定されるかについて上述した。同様のプロシージャを用いることによって、ローカルクロックからの到着時間の差を確立することができる。上述され図7に示されたアルゴリズムによって生成されるパラメータ τ によって、サンプルクロックに対する検出ビットの到着時間が識別される。即ち、それは、最後に送られたチップの最後と、それに最も近かったサンプルクロックの「チェック」の間の推定時間値である。この時間インターバルは、 τ の推定値に影響を与える最後のサンプル時間などの特定の処理時間に加えられる。この総和によって、到着時間に関連するサンプルクロックに対する特定時間が識別される。このように形成されるローカルタイムマーカと、同じローカルクロックもしくはローカルクロックに同期するクロックに関して個々の伝送に対して求められたその他の推定値と比較することができる。推定された2つのパラメータの関係は、二つの伝送における実際の到着時間と同様の関係があって、その差は二つの伝送の実際の到着時間の差である。以下で説明されるが、計算されたこれらの到着時間差を利用し、その他の受信器からの同様のデータと組み合わせることによって、送信器の位置を推定することができる。以下の工程を使ってタイムマーカを推定することができ、これから、二つの伝送の到着時

間の差を推定することができる。

【0045】1. 送信器はTR/DH-UWB変調情報をバースト送信する。この伝送時間は、資産タグ内のクロック回路部によって決定されるものであって、受信器には知られていない。

【0046】2. 図5に示しているが、受信器はパルスペア相関器バンクの出力サンプルを処理する。新しいADCサンプルセット毎に、DSP回路はCDMA符号語相関処理を実行し、CDMA相関器の出力と既知のバーストヘッダとの相関を求めることによってRFバーストの存在の検出を試み、ビットパターンを識別する。

【0047】3. RFバーストの検出後に、パラメータ τ の値が推定される。この値は、検出後に取り出されたサンプル間のインターバルに存在することに注意されたい。新しい各ADCサンプルセットがCDMA符号相関器によって処理されるときに、 τ が新たに推定される。モデルフィッティングのための2乗誤差の総和値がその各推定値に関連し、モデルフィッティング最小誤差を利用した推定値は、RFバースト検出後の一定のサンプル期間数から選択される。

【0048】4. サンプルインターバルの一部として表される τ 値と、CDMA符号相関器に入力する最終サンプルのインデックスは、伝送を開始したデバイスを識別するためのものであって伝送から得られるユニークな識別子と共に伝送毎にセーブされる。

【0049】二つの伝送での到着時間の差は、
$$TOA差 = (\tau_1 + sample_index_1) - (\tau_2 + sample_index_2)$$
によって計算される。ここで、下付文字は、受信した伝送のうちのどれが情報提供のために用いられるかを指す。

【0050】上述した到着時間推定方法では、実際には、パケットの第1チップ信号のピーク値の時間が測定される。このピークは、特定のラグストップが到着することによってパルスペアが分離される時間を表すものである。全可動デバイスが送信器からの直接的な経路での伝送だけを監視する場合は、到着時間の差から、受信器と二つの送信器の間の相対距離に関する非常に正確な情報が提供される。即ち、到着時間の差は、以下の二つの要素の総和を表す。第一のものは、二つの送信器から受信器に対する、直接的な経路での伝搬時間の差であって、第二のものは、二つの送信器の伝送時間の差である。

【0051】他方、多重経路は、チップ信号のピークを(適時に)分散させる傾向があり、直接的な経路での到着時間に対して相対的に、検出された到着時間を遅延させる効果がある。この遅延は、オフィスビルと同様に室内環境ではおそらく約10から50nsである。(S. A. S. 他著の「無線通信システムのアンテナと伝搬(Antennas and propagation

n for Wireless communication Systems)、John Wiley & Sons、1999年) 参照)。この遅延は、最大で50フィート(平均は、30フィート)の等価な誤差範囲に変換される。これは大きいように思われるが、送信器に対してうまく適切に配置された4つの受信器と15個のビーコンを利用するロケーション法を用いた以下で説明するシミュレーションでは、最終的な位置誤差は約6フィートのオーダーである。受信器の「不正」配置の影響はその特定の構成に依存して変わるが、位置推定の際に大きな誤差がでてしまう可能性がある。一般的に、あらゆる可能性のあるタグ位置を多くの角度からカバーできるように、十分な受信器とビーコンを配置しなければならない。また、特定の多重経路の状況の影響が並外れて大きな誤差を引き起こす場合が常にある。

【0052】TOAの推定の不正確さに関わる別の潜在的な要因は、送信器のチップクロックと受信器のサンプルクロック間でのクロックの不一致である。そのような不一致は、パルスペラ積分器から出る波形上でのサンプルの位置がシフトするという影響がある。一ビットを受信しているときに発生する、受信波形の位相に対するサンプルクロック位相の歳差運動によって、波形が乱れるという影響がある。例えば、伝送ビット長が400マイクロ秒であって、送受信クロック周波数が10PPM不一致である場合は、CDMA符号相関器が出力する時の合成波形は4ナノ秒分乱れる。その結果として生じたTOA推定誤差の期待値は、その値の半分である。過推定誤差だけが生成される多重経路とは異なり、クロック周波数の歳差運動は過大評価あるいは過小評価を引き起こすものである。送受信クロック波形を生成するために用いられる発振器が安定することによって、最大クロックが不一致であることを判定できることは、当業者であれば理解できることである。最大クロック周波数の不一致とその許容誤差によって、TOAを推定するために cohrent に組合せ可能なビットの最大長が決められる。ビット長は検出確率に直接的な影響を与えるので、最大伝送範囲にも影響がある。当業者であれば、このような設計上のトレードオフを扱うことができる。

【0053】追跡と資産の監視

好適な一実施形態によれば、本発明のシステムと方法では、病院環境内の患者や医療資産の位置が追跡される。この追跡機能を実行する際に、可動無線デバイスは、T

方程式(2)：

$$\begin{aligned}\sigma_{i,j} &= c(m_b(i,j) - m(i)) \\ &= (d_b(i,j) - d(i) + c(N_{i,j} - N_i) + c(T_j - T)) \\ &= d_b(i,j) - d(i) + X_{i,j} + D_j\end{aligned}$$

ここで、 $(T_j - T)$ は、j番目のビーコンとタグ間の伝送時間の差であって、 D_j は、cを考慮に入れると、それと等価な距離である。

【0057】差の誤差変数 $X_{i,j}$ の分布は $N(0, 2c^2$

R-UWBもしくはTR-DH UWB信号を基地局に伝送し、基地局はこれらの信号を検出し処理して、注目領域内の可動デバイスの位置を決定する。

【0054】複数の固定受信器が注目領域内に存在して、その全てが共有クロックを利用する場合は、一連の到達時間の差が受信器の各ペア毎に生成される。しかしながら、一般的に、タグ送信器は安価であるため、ビーコン送信器を利用して全受信器に共有クロックを分配する必要がないというメリットがある。

【0055】ビーコン送信器は、基本的に周知の位置にある資産タグであって、これから得られる到達時間(TOA)推定値を利用して、以下で説明する方法で資産タグの位置を求めることができる。受信器の位置を知る必要があるのとまさに同様に、ビーコンの位置を知る必要がある。しかしながら、ビーコンの伝送時間を知る必要はなく(即ち、「束縛がない」)、ビーコン伝送をシステムに同期させる必要もない。以下の議論では、所定の受信器によるタグのTOAの推定値と、全ビーコンに対する同じ受信器によるビーコンのTOAの最終推定値との差からタグ位置を推定する問題に焦点を当てている。

【0056】タグ伝送情報がR受信器で受信され、一連のB個のビーコンもR個の全受信器で受信されると仮定する。実際には、例えば、Rは3もしくは4、Bは10以上である。TOA測定からの観測データは以下のとおりである。

方程式(1)：

$$\begin{aligned}m(i) &= t(i) + N_i = T + (d(i)/c) + N_i \\ m_b(i,j) &= t_b(i,j) = T_j + (d_b(i,j)/c) + N_{i,j}\end{aligned}$$

ここで、受信器 $i=1, \dots, R$ であって、ビーコン $j=1, \dots, B$ である。 N_i と $N_{i,j}$ は、平均値 μ と分散 σ^2 の分布を有する確率変数である。 T は、j番目のビーコンの最後の伝送時間でのタグ T_j の伝送時間を表す。 $t(i)$ は、i番目の受信器でのタグ伝送の(未知の)実到達時間を表す。 $t_b(i,j)$ は、j番目のビーコンからなされたのビーコン伝送がi番目のタグに到着した際の(未知の)実到達時間を表す。(観測値は実到達時間と、 N_i もしくは $N_{i,j}$ で表される推定誤差の和であることに注意されたい) 数量cは伝搬速度であって、小文字dで表される数量は、タグとビーコンからi番目の受信器までの距離である。これらの観測から、(受信器でローカルに)以下の差が形成される。

方程式(1)のTOA推定誤差がガウシアンである場合、その差はそうように正確に分布する。誤差分布がそれ以外のものである場合は、そのコンボルーションは、少なくともピーク形であって、正規

分布をその形に対する近似として用いることができる。
誤差確率変数は以下の共分散を有する。
方程式 (3)

【0058】
【数1】

$$E[X_{i,j}X_{n,k}] = \begin{cases} 2c^2\sigma^2 & \text{if } i=n \text{ and } j=k \\ c^2\sigma^2 & \text{if } i=n \text{ and } j \neq k \\ 0 & \text{上記以外 } (i \neq n) \end{cases} \quad (3)$$

【0059】方程式 (2) の未知のパラメータは、タグから i 番目の受信器までの距離 $d(i)$ と、ビーコンとタグの間の伝送時間と等価な距離 D_j である。これらのパラメータは全て一度に推定される。 D_j のパラメータは擾乱母数であって、その推定値は棄却される。 $d(i)$ の値は、タグの未知の平面位置と i 番目の受信器

の既知の位置を利用して以下のようにパラメータ化される。

方程式 (4)
【0060】
【数2】

$$d(i) = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} \quad (4)$$

【0061】また、推定すべきパラメータのベクトルは、以下のように定義される。

【0064】
【数4】

方程式 (5)

$$\Theta = [x, y, D_1, D_2, \dots, D_B]$$

ベクトルを以下のように定義すると、方程式 (6)

$$\mu_i(\Theta) = \begin{bmatrix} \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - d_b(i,1) - D_1 \\ \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - d_b(i,2) - D_2 \\ \vdots \\ \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - d_b(i,B) - D_B \end{bmatrix} \quad (6)$$

【0062】
【数3】

$$\delta_i = \begin{bmatrix} \delta_{i,1} \\ \delta_{i,2} \\ \vdots \\ \delta_{i,B} \end{bmatrix}$$

【0065】尤度関数を以下のように表すことができる。

【0066】
【数5】

【0063】と

$$f(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n | \Theta) = (\pi^{nB} \det(\Sigma)^B)^{-1/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \mu_i(\Theta))^T \Sigma^{-1} (\delta_i - \mu_i(\Theta)) \right]$$

【0067】また、対数尤度関数は、方程式 (6)
【0068】

【数6】

$$\lambda(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n | \Theta) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \mu_i(\Theta))^T \Sigma^{-1} (\delta_i - \mu_i(\Theta)) \quad (7)$$

【0069】に比例する。ここで、共分散マトリクス (は、方程式 (3) から容易に得られる。

(2) に基づくものである。方程式 (2) で、所定のビーコンに対する全受信器について平均をとると、平均がとられた誤差項は無相関である。このことは事実であって、所定のタグ位置

【0072】
【外1】

$$(\hat{x}, \hat{y})$$

【0070】Hooke と Jeeves の周知の最適化法を利用することによって傾きを事前に計算することなく、対数尤度を数値的に最大にすることができる。この処理は、単純に円柱座標探索であって、現在の解と最後の解を結ぶラインに沿ってエキストラライン探索が反復処理毎に行われる。上述したように、このアルゴリズムのパフォーマンスは受け入れ可能であるが、位置の推定に至るまでに非常に多くの計算が必要となる傾向がある。

【0073】に対する D が方程式 (8)
【0074】
【数7】

【0071】より高速で好適なアプローチは、方程式

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n \delta_i + \begin{bmatrix} \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - d_b(i,1) \\ \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - d_b(i,2) \\ \vdots \\ \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - d_b(i,B) \end{bmatrix} \quad (8)$$

【0075】と推定されるので、計算がかなり加速される。方程式(8)で与えられるサンプル平均値は、

【0076】

【外2】

【0077】を必要条件とする D_j のMLEである。加速アルゴリズムは以下の工程として与えられる。

【0078】1. 平面上の始点を選択する。

【0079】2. 現時点 (x, y) に対して、方程式(8)で D_i を計算する。

【0080】3. 方程式(7)で新たに計算された D_j の値を用いて、 x, y の次元でライン検索を実行して、方程式(7)で与えられる対数尤度を最大にする。

【0081】4. 最後の反復処理での最後の位置と工程3の最後の位置を接続することによって定義される方向にライン検索を実行する。

【0082】5. 位置の変化量が ϵ 未満ならば停止し、そうでなければ工程2に進む。

【0083】修正された方法による結果は、上述の方法による結果とほぼ同じである。

【0084】資産タグ位置探索システムでは、本願で説明されたアルゴリズムが低帯域幅有線ネットワークによって全基地局に設置された中央コンピュータで実行される。受信したタグ伝送情報の全てについて、全ての基地局は、タグ伝送での推定TOAと、最後のビーコン伝送での推定TOAとの間の差をビーコン毎に中央コンピュータに送信する。ビーコンがTミリ秒毎にバースト伝送する場合は、基地局はタイムアウトすることによって、TOA推定誤差が測定時の主誤差であるという十分に高い精度のTミリ秒のインターバルを作る。計時誤差が、タグとビーコンのTOAの差の測定誤差の分散の10%未満である場合に、この目標を達成することができる。

【0085】ビーコン伝送をオーバーラップさせることができることに注目することは重要である。何故ならば、それらは一定のインターバルで非常に多く存在し、また、それらが発生する時間が必要であるからである。このオーバーラップは、本発明に対する問題を起こすことはない。何故ならば、その伝送で使われるTR/DH変調スキームによって、複数の測定の間で干渉が発生することなく、オーバーラップ伝送による到着時間を個々に測定することができる。

【0086】誤差低減のためのさらに別の情報の一つのソースは、フロアプランの拘束条件を利用することである。位置探索アルゴリズムは病院の「地図」を備えてお

り、この地図には、患者もしくは機器の一部がそこにある尤度を表す数量を利用してそれらの各々がありそうな位置が記述されている。これを利用することによって、例えば、陽関数表示的なベイズ位置推定法で先験分布を作ることができる。このような先験分布は、許容可能なタグ位置に関しては比較的大きな値と、物理的に可能性がないタグ位置に関しては小さなもしくはゼロ値を備える。(7)の対数尤度関数は、先験分布の対数を加算することによって修正されるので、事後分布の対数が生成される。対数先験分布を加算することは、最大値の位置を修正する数的最適化プロセスで目的関数にペナルティ関数を追加する効果がある。事後分布のモードを求めることによって計算される「最大事後確率」の推定値は、利用可能なフロアプランの知識を含むことができる。

【0087】一実施形態では、位置推定システムには、追跡領域内に配置されて、中央に配置されたプロセッサとケーブルによって接続された複数の基地局デバイスが含まれる。また、本システムは、複数の固定ビーコン送信器を備え、それらは追跡領域内に配置され、その位置はシステムにとって周知である。移動型資産タグは、上述した変調方法によって、パルスペアを構成する伝送基準遅延ホップUWB信号を送信する。また、複数の固定ビーコン送信器は、それらの信号も送信するが、その伝送は位置推定システムに同期していない。この伝送は、TR/DH変調スキームを用いて2進情報のパケットとして構成されるRFバーストである。各パケットに含まれる情報の少なくとも一部は、RFバーストから始まる送信器のユニークな識別子である。資産タグ伝送と少なくとも一つの固定ビーコン伝送が少なくとも3つの基地局によって受信されると仮定すると、中央に配置されたプロセッサは、上述されたアルゴリズムによって資産タグの (x, y) 、即ち、(長さ、幅)の位置を求めることができる。

【0088】別の一実施形態によれば、本発明のシステムと方法は、可動無線デバイスを携帯している患者の生理学的データ(例えば、心臓病患者の心臓の情報)を監視する。このように構成されているため、このシステムは、TR/DH通信を用いて外来患者が身に付けている患者用データ送信器からEKGやその他の生理学的データの伝送可能な医療用遠隔計測システムである。これらの伝送は、病院の至る所に配置されたアンテナによって受信され、監視のために伝送波形が中央ステーションに表示される。

【0089】本出願では、可動デバイスは、生理学的データをTR/DH-UWB形式で送信することによって、基地局は、必要に応じて、追跡/患者監視機能を同時にか、もしくは連続的に実行することができる。周知のデータフィールドがTR/DH-UWB伝送に組み込まれている場合は、基地局は、これらのフィールドを資産タグバーストと同様に扱う。それらのTOAが推定されて、ビーコン伝送のTOAと比較される。送信器の位置を推定するために、これらの差は、資産タグデータと同様に中央プロセッサに送信される。

【0090】システムクロックの分配が必要な従来のTDOAシステムとは異なり、本願で記述したシステムは追跡環境の周知の位置に配置された固定送信器を用いるためにメリットがある。各固定送信器は、システムクロックと同期する必要のない独自のローカルクロックで動作する。固定送信器は、一定の時間インターバルでメッセージパケットを送信し、各受信器は、受信器用ローカルクロックを用いて固定送信器パケットと移動型タグ送信器パケットとの到着時間の差を測定する。次に、到着時間の差は、最大尤度アルゴリズムを用いて移動型タグ位置を計算するために用いられる位置プロセッサにローカルエリアネットワークを介して送られる。

【0091】固定送信器は、従来のTDOAシステム、例えば、米国特許番号5,119,104で開示されたシステムで用いられたものを改良したものである。何故ならば、それらは分配されたシステムクロックに取って代わり、それらを利用することによってローカル多重経路環境と、温度と湿度の変化を特徴づけることができるからである。固定型パケットと移動型パケットの時間差が送信されるため、校正のために、個々のTOAパケットを位置プロセッサに送信する必要はない。これによって、システムに必要なLANの帯域幅が狭くなる。さらに、受信した信号を特別に探索もしくはトリガして、伝

送されたRF信号の直接的な経路を検出する必要はない。受信器は、ローカル環境からの平均多重経路信号を表す信号を提供し、その信号は、同じ一般領域内の固定送信器から受信した信号と比較される。

【0092】好適な実施形態の観点から本発明が説明されたが、本発明に対して添付の請求項の精神と範囲内の変更を行って実施できることは、当業者であれば理解できることである。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のシステムが利用される注目領域を示す図である。

【図2】図2は、本発明の好適な実施形態に係る、送信されたTR-UWB信号内のパルスペアを示す図である。

【図3】図3は、本発明の好適な実施形態のTR-UWB信号を検出するために用いられる相関器回路の図である。

【図4】図4は、本発明の好適な実施形態の複数の可動デバイスから信号を送信するために用いられるTR/DH符号語の構成図である。

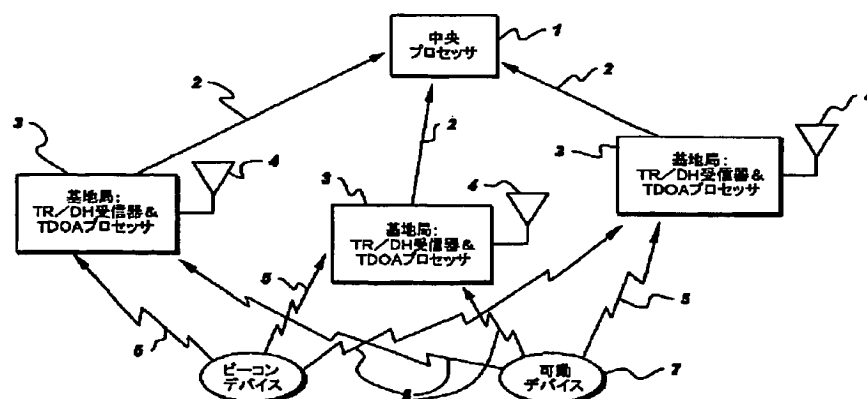
【図5】図5は、本発明の好適な実施形態の複数の可動デバイスから遅延ホップ伝送基準信号を検出するためのパルスペア相関器バンクを備える基地局の受信器の図である。

【図6】図6は、本発明の好適な実施形態の基地局に含まれるUWB伝送基準遅延ホップ (TR/DH) 符号分割多元接続 (CDMA) 受信器の第一段階の図である。

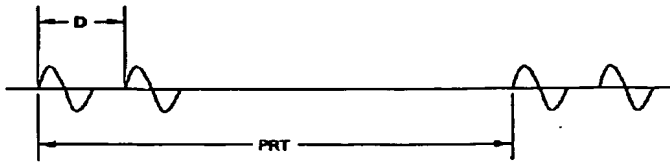
【図7】図7は、図6の遅延ホップCDMA受信器によって実行される符号語相関処理のための演算上の設定を示す図である。

【図8】図8は、図6に示された遅延ホッピングUWB伝送のための相関器を示す。

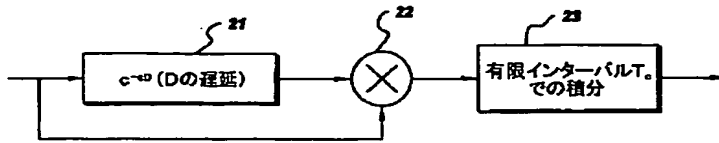
【図1】



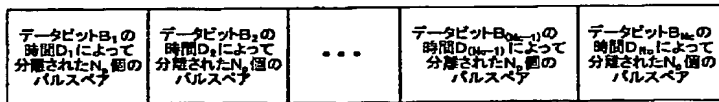
【図2】



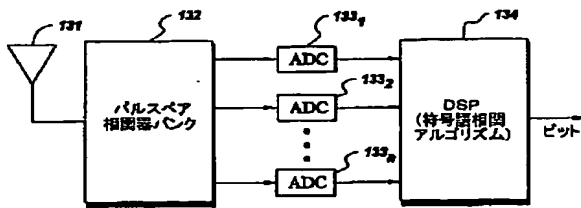
【図3】



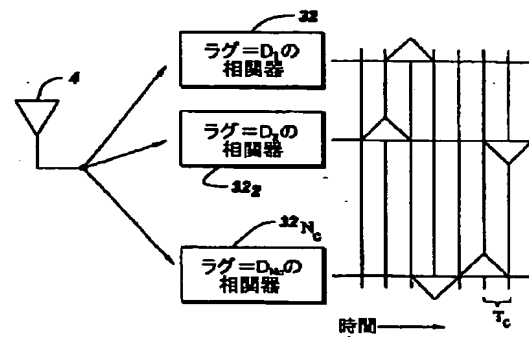
【図4】



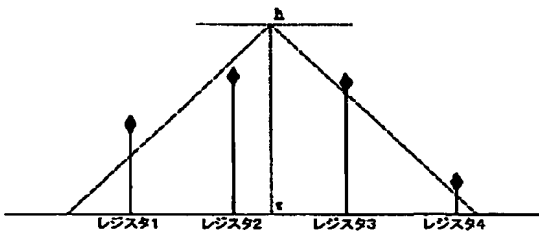
【図5】



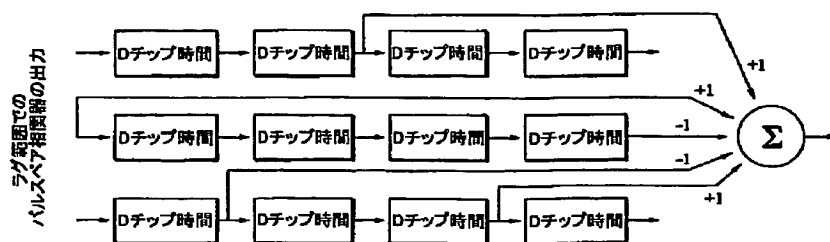
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・エリック・ハーシェイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボール
ストン・レイク、パインズ・ロード、4番
(72)発明者 ニック・アンドリュウ・ヴァン・ストラ
レン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ボール
ストン・レイク、アシュダウン・ロード、
75番

(72)発明者 ハロルド・ウッドラフ・トムリンソン、ジ
ュニア
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコウ
シャ、アラパホー・パス、1001番

Fターム(参考) 5K022 EE02 EE11
5K067 AA21 BB37 CC10 DD17 EE02
EE12 FF03 JJ53 JJ66 KK13
KK15